สหัส พรหมสิทธิ์

ซอฟต์แวร์เรดิโอ : อุปกรณ์สื่อสารสารพัดนึก

ซอฟต์แวร์ เรดิโอ การปฏิรูปการสื่อสารด้วยชนิดที่ไม่เคยมีปรากฏมาก่อนในวงการสื่อสารโทรคมนาคม

ได้มีเรื่องเล่าขานกันมาตั้งแต่คริสตกาลถึงความทะเยอทะยานของสถาปนิกผู้ออกแบบที่ต้องการจะให้ Tower of Bable สูงเสียดฟ้าจนทะลุเข้าไปในสวรรค์ แต่ก็ต้องผิดหวังเพราะเทพเจ้าได้เข้ามาขัดขวางด้วยการสาปให้ผู้ทำงานก่อสร้างหอนี้เกิดการสับสน เนื่องจากการพูดกันคนละภาษาจนเกิดความเข้าใจผิดที่มีผลให้งานก่อสร้างดำเนินต่อไปจนถึงที่สุดไม่ได้ อันเป็นบทเรียนว่าในบางครั้งความหลากหลายของภาษาก็สามารถเป็นตัวการที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งจนทำให้กิจกรรมหลาย ๆ อย่างต้องชงักและเกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงที่มีตัวอย่างให้เห็นทั้งในทางประวัติศาสตร์และในปัจจุบัน เช่น ในโลกของการสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งถ้าจะพูดถึงปัญหาที่เกิดในต่างประเทศ เช่น สหรัฐฯ และยุโรปเป็นอันดับแรก ก็น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในแง่ของการสามารถเชื่อมโยงสารพันปัญหาในเรื่องของการสื่อสารให้เข้ากับงานวิจัยพัฒนาเพื่อหาทางแก้ปัญหาอันเป็นความไม่สะดวกต่าง ๆ อันนับตั้งแต่ภาษาที่ใช้ในการส่งสัญญาณ (transmission lauguages) สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีอยู่อย่างหลากหลาย ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามย่าน (region) และชนิดของระบบโทรศัพท์ เช่น ถ้าใครสักคนบินมาสหรัฐอเมริกา โดยมาจากยุโรป ก็อาจมีปัญหาในเรื่องของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่พกติดตัวมา ซึ่งอาจไม่เข้าใจภาษาสื่อสารที่เป็นของ local ในสหรัฐฯ และถ้าจะมองในแง่ที่ไม่ดีต่อไปอีกก็จะเป็นว่า เมื่อบริษัทผู้เป็นเจ้าของโทรศัพท์เคลื่อนที่เกิดเปลี่ยนภาษาที่ใช้ส่งสัญญาณเครื่องรับโทรศัพท์รุ่นเก่าก็จะไม่สามารถเข้าใจภาษาของเครื่องรับรุ่นใหม่ได้ อันทำให้ต้องโยนทิ้งไปขณะที่ยังมีความเสียดาย การเสี่ยงต่อการสูญเสียลูกค้า เนื่องมาจากสาเหตุดังกล่าวได้ทำให้ผู้ประกอบการด้านเทเลคอมไม่ยากในระบบโทรศัพท์แบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง อันส่งผลให้ไม่สามารถให้บริการที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้ ดังจะเห็นจากถ้อยแถลงของนักวิจัยผู้หนึ่งที่มีนามว่า วานู โบส (Vanu Bose) ซึ่งประจำที่ MIT ว่า "เซลลูล่าร์-เทคโนโลยีที่ใช้ในสหรัฐยังคงอาศัยอิเล็กทรอนิกส์-ฟอร์แมตที่ได้รับการพัฒนาเมื่อปี 1978 คือภายหลังจากที่ได้มีการพัฒนาและ formalise เมื่อปี 1978 แล้วเทคโนโลยีก็ได้รุดหน้าไปมาก แต่ไม่ค่อยมีใครยอมรับเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการอับเกรดเบสสเตชั่นและเครื่องรับอันเป็นมือถือคิดเป็นเงินอันมหาศาล" แต่ก็กำลังจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางดีขึ้น อันเนื่องมาจากการวิจัยเพื่อหาทางปฏิรูปในเรื่องนี้ ที่มีสถาบันหลายแห่งให้ความสนใจโดยเฉพาะที่ MIT

อานุภาพของซอฟต์แวร์เรดิโอ

ในขณะนี้นักวิจัยในหลาย ๆ สถาบันของสหรัฐฯ กำลังพัฒนาเครื่องส่ง (transmitters) และเครื่องรับ (receivers) ที่สามารถเรียนรู้ภาษาที่เป็น transmission language แบบต่าง ๆ ได้ อันเป็นความสามารถที่ทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวอัพเกรดได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด (infinitely upgradeable) โดยมีชื่อเรียกว่า "ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์เรดิโอ : อุปกรณ์สื่อสารสารพัดนึก

รูปที่ 1 วานู โบส (Vanu Bose) ซึ่งเป็นหนึ่งในนักวิจัยในด้านซอฟต์แวร์เรดิโอที่ MIT ที่จะปฏิรูปการสื่อสารที่ต้องอาศัยวิทยุ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยการอำนวยความสะดวกให้สารพัดอย่างชนิดไม่เคยปรากฏมาก่อนในวงการสื่อสารโทรคมนาคม

เรดิโอ" (software radios) อันเป็นอุปกรณ์สื่อสารแบบใหม่ล่าสุดที่มีความยืดหยุ่นและมีขีดความสามารถที่สูงกว่าระบบวิทยุที่มีอยู่ทั่วไป ภายในซอฟต์แวร์ เรดิโอ จะมีชิปที่มีอานุภาพสูงที่ทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณวิทยุแบบดิจิจอล เนื่องจากการทำงานของโมบิล-โฟน หรือโทรศัพท์แบบมือถืออาศัยหลักการไปจากวิทยุจึงเป็นรายแรกที่จะปิดรับประโยชน์จากวิทยุซอฟต์แวร์หรือซอฟต์แวร์เรดิโอความสามารถอันสูงในด้านการวิเคราะห์แจกแจงสัญญาณของระบบที่เป็น digital analysis นี้จะทำให้เครื่องรับ (receiver) สามารถติดตามสัญญาณที่มีความถี่ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ทุกสัญญาณพร้อมกันในเวลาเดียว เช่น การสแกนไปตามความถี่ต่าง ๆ เพื่อรับฟังข่าวสาร ฟังการพยากรณ์อากาศหรือรับสัญญาณที่เป็นข้อความสั้น ๆ รวมทั้งการทำหน้าที่ที่สำคัญ นั่นก็คือการเรียกเข้ามาที่มือถือหรือการส่งสัญญาณออกไปจากมือถือที่เป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่ การเรียนรู้ภาษาใหม่ ๆ ที่ใช้ในการส่งสัญญาณสำหรับในกรณีเท่าที่พูดมานี้ จึงเป็นเรื่องของสวิตชิ่ง-ซอฟต์แวร์ (switching software) โดยตรง อันเป็นก้าวแรกที่ผู้ใช้จะได้รับประโยชน์จากซอฟต์แวร์-เรดิโอ ซึ่งจะมีสิ่งอื่น ๆ ที่พิลึกพิลั่นตามมาอีกหลายรายการ

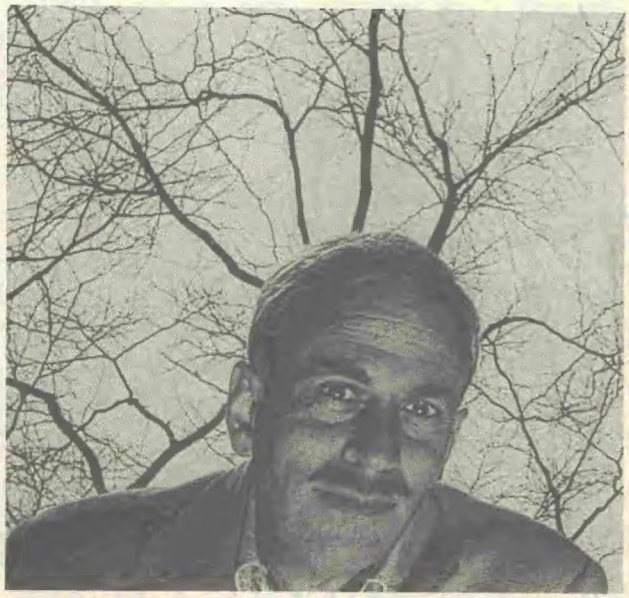
การที่นักวิจัยของ MIT ได้ตั้งชื่อระบบรับส่งสัญญาณวิทยุเพื่อใช้งานทั่วไปและที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ว่า "ซอฟต์แวร์-เรดิโอ" นั้น ย่อมต้องมีแผนการอันยิ่งให้อยู่ในใจคืออย่างน้อยก็ต้องการที่จะปลดแอกจากการต้องพึ่งฮาร์ดแวร์ โดยให้หันมาพึ่งซอฟต์แวร์ให้มากขึ้นหรือเกือบจะทั้งหมด เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นคล่องตัวให้มากที่สุด ที่สำคัญก็คือดิจิตอลเทคโนโลยี (digital technology) ได้ก้าวมาถึงจุดที่ว่า ความต้องการฮาร์ดแวร์ที่จะทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งโดยตรง (dedicated hardware) เพื่อสำหรับใช้ในอุปกรณ์สื่อสารนั้นจะมีน้อยลงทุกที เมื่อเป็นเช่นนี้ซอฟต์แวร์จึงได้เข้ามาทำหน้าที่ให้เครื่องมือสื่อสารในยุคใหม่เกิดความเป็นเอนกประสงค์ในรูปแบบ one set fits all เช่น ถ้ามีการนำเครื่องวัดที่เรียกว่า sensor มาทำหน้าที่แทนเสาอากาศ (antenna) ของซอฟต์แวร์ เรดิโอ โดยให้ sensor ทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากร่างกายของมนุษย์ เครื่องมือสื่อสารที่อยู่ในมือของผู้ใช้ก็จะแปรสภาพไปเป็นเครื่องวัดคลื่นสมอง (electroencepnalograph, EEG) หรือคลื่นหัวใจ (electrocardiograph, EG) ในทันทีอันเป็นการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ของการใช้งานโดยผ่านทางซอฟต์แวร์ที่ทำงานแบบเอนกประสงค์ จากนี้ก็ต้องโหลดซอฟต์แวร์ชนิดพิเศษเข้าไปในเครื่องมือสื่อสารประจำตัวเพื่อให้สามารถเข้าใจสัญญาณ EEG หรือ ECG สำหรับในการตรวจวัดสุขภาพต่อไป ตัวอย่างในการใช้งานที่ยกมานี้เป็นเพียงหนึ่งในบรรดาศักยภาพอันน่าทึ่งของซอฟต์-แวร์เรดิโอ ที่แลเห็นได้ชัดเจน อันเป็นการก้าวไปสู่ยุคของการมีอุปกรณ์แบบสารพัดนึกที่ทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถใช้งานได้กว้างมากจนแทบไม่มีขีดจำกัด

วิธีที่จะเข้าใจการทำงานของซอฟต์แวร์ เรดิโอ ก็คือการดูจากตัวอย่าง เช่น การส่งสัญญาณวิทยุแบบ AM (amplitude modulation) และ FM (frequecy modulation) ซึ่งเป็นวิธีการส่งสัญญาณที่แตกต่างกันมาก (incompatible transmission languages) ในกรณีของ AM นั้นจะนำเสียงต่าง ๆ เช่น เสียงดนตรีมาแปลง (encodes) เป็นสัญญาณด้วยการแปรแอมพลิจูดของคลื่นของวิทยุ สำหรับเครื่องรับวิทยุแบบธรรมดาโดยทั่วไปนั้นก็จะรับสัญญาณดังกล่าวโดยอาศัยเสาอากาศ แล้วทำการขยายความแรงของคลื่น (amplify) และส่งต่อไปยังวงจรที่ทำหน้าที่จูนคลื่น (tuning circuit) ซึ่งจะคัดเอาเฉพาะคลื่นที่ต้องการเพื่อนำไปดีโค้ด (decode) หรือ demodulate โดยใช้วงจรที่สามารถให้สัญญาณขาออก (outgoing sigual) ที่เป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของแอ๋มพิจู (amplitude) ของสัญญาณที่เป็นขาเข้า (incoming sigual) ในทางตรงข้าม การทำงานของการส่งสัญญาณแบบ FM จะเอนโค้ด (encode) เช่น เสียงของดนตรีด้วยการเปลี่ยนความถี่ในการส่งกระจายเสียง การ demodulate สัญญาณดังกล่าวต้องอาศัยวงจรที่ให้เอาต์พุต ซึ่งขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เครื่องรับแบบ AM และ FM ต่างก็มีวงจรแยกจากกันที่ทำหน้าที่รับสัญญาณ AM หรือ FM เป็นการเฉพาะกล่าวคือ AM demodulator จะไม่สามารถ demodulate สัญญาณ FM รวมทั้งในทางกลับกัน เมื่อเป็นเช่นนี้เครื่องรับวิทยุโดยทั่วไปจะรับสัญญาณทั้งสองอย่างได้ก็ต่อเมื่อมีวงจรทั้งสองชนิด

การทำงานของซอฟต์แวร์ เรดิโอ จะเป็นไปในรูปแบบใหม่ที่ต่างจากที่กล่าวในข้างต้นอย่างสิ้นเชิง โดยอาศัยการรุดหน้าของเทคโนโลยีในด้านดิจิตอลในแง่ที่ว่า ถ้ามีสายไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็น antenna รวมทั้งมี amplifies กับ ADC (analogue-to-digital converter) และ

ซอฟต์แวร์เรดิโอ : อุปกรณ์สื่อสารสารพัดนึก

คอมพิวเตอร์ชิปสักสองสามตัวที่เหลือถือว่าเป็นหน้าที่ของซอฟต์แวร์หลักใหญ่สำหรับเรื่องนี้ก็คือการแปลงสัญญาณกระจายเสียงแบบอนาล็อก (analogue) ให้เป็นแบบดิจิตอลที่คอมพิวเตอร์ยอมรับได้ โดยอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ADC ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเครื่องพล็อตแบบหนึ่ง โดยจะพล็อตผลของการวัดสัญญาณแบบอนาล็อกแล้วเขียนลงบนกระดาษกราฟ ภายใต้กราฟจะเป็นแกนขนานที่แสดงเวลาในการเก็บตัวอย่างสัญญาญ (sampliug rate) ซึ่งจะต้องไม่ต่ำกว่าสองเท่าของพิสัยของความถี่ (frequency range) ของสัญญาณที่ต้องการจะทำให้เป็นดิจิตอลจึงจะให้ผลดี นอกจากนี้ตรงส่วนที่เป็นด้านบนของกราฟ ADC จะพล็อตแอมพิจูดของคลื่นพร้อมทั้งแบ่งออกเป็นช่วงสั้น ๆ (intervals) ที่เรียกว่าชิด (bits) คือยิ่งมีจำนวนบิตต่อหน่วยเวลามากเท่าใด ก็ยิ่งสามารถที่จะบรรจุข้อมูลเข้าไปในสัญญาณวิทยุมากขึ้นเท่านั้น อันหมายถึงการมีความชัดเจนมากขึ้น ทั้งหมดนี้ก็เป็นอรรถาธิบายของศาสตร์จารย์จอห์น กุตตาก (John Guttag) ซึ่งเป็นอาจารย์และนักวิจัยในด้านคอมพิวเตอร์ศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ MIT งานสำคัญอันหนึ่งของอาจารย์ผู้นี้ก็คือการเป็นหัวหน้าทีมที่ทำการวิจัยในด้านซอฟต์แวร์ เรดิโอ (software radios) ความชัดเจน (clarity) ที่ได้พูดถึงนี้ถือว่าเรื่องสำคัญเพราะในการทำงานจริง ๆ นั้น ซอฟต์แวร์ เรดิโอ ต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับรูปแบบของสัญญาณคลื่นต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนมาก ๆ และมีย่านของความถี่ที่มีอยู่มากมายหลายช่วง อันทำให้โปรเซสเซอร์ (processors) ที่อยู่ในซอฟต์แวร์ เรดิโอ ต้องตีความหรือทำความเข้าใจคลื่นชนิดต่าง ๆ ดังกล่าว สรุปก็คือว่าถ้าสามารถมี "ภาพ" ที่เป็นดิจิตอลของคลื่นที่มีความชัด (resolution) มากเท่าใด ก็จะทำให้เรื่องอื่น ๆ มีความง่ายมากขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 2 ศาสตราจารย์ จอห์น กุตตาก (John Guttag) ผู้นำทีมค้นคว้าในด้านซอฟต์แวร์ เรดิโอที่ MIT อันเป็นการค้นคว้าเพื่อสร้างเครื่องรับในรูปของมือถือที่สามารถรับสัญญาณชนิดต่าง ๆ อันแทบจะไม่จำกัด เช่น สัญญาณจากดาวเทียม จนถึงสัญญาณไฟฟ้าในร่างกายมนุษย์ในรูปของ EEG หรือ ECG

อุปสรรคในโลกของอนาล็อกและดิจิตอล

การที่จะเข้าใจคลื่นชนิดต่าง ๆ ให้ได้ถูกต้องก็จะต้องมีชิพ (chip) ที่ทำหน้าที่แบ่งแยกคลื่นดังกล่าวออกเป็นส่วนต่าง ๆ โดยเลือกเอาเฉพาะสัญญาณที่ต้องการจะรับฟังโดยอาศัยเทคนิคที่เรียกว่า Fourier analysis ซึ่งเป็นเทคนิคที่คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ฉนัดอยู่แล้ว วิธีการเช่นนี้จะทำให้ซอฟต์แวร์ เรดิโอ สามารถโมนิเตอร์คลื่นที่เป็นทรานสมิชชั่นทุก แบบที่มีย่านของความถี่ที่กว้างมาก ๆ ได้พร้อม ๆ กัน และเมื่อสามารถแปลงทรานสมิชชั่นดังกล่าวให้มาอยู่ในรูปของดิจิตอลได้เมื่อชิปต่าง ๆ ก็จะทำหน้าที่เล่นและแปรธาตุได้อย่างสะดวกด้วยการเลือกสัญญาณอันใดอันหนึ่งแล้วแปลงให้เป็นภาษาทรานสมิชชั่น (transsmission language) ที่เป็นเฉพาะด้าน เช่น AM หรือ FM อันขึ้นกับว่าจะโหลดซอฟต์แวร์ตัวไหนเข้าไปสำหรับภายในตัวซอฟต์แวร์ เรดิโอ นั้นนอกจากสายอากาศก็มี ADC พร้อมด้วยโปรเซสเซอร์สำหรับทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณดิจิตอลและใช้สปีดลิ้งค์สำหรับรับส่งข้อมูลคราวละมาก ๆ แทบจะกล่าวได้ว่าการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังได้กล่าวมานี้ได้มาถึงขีดจำกัดในแง่ของเทคโนโลยีในขณะนี้จนขยับไปไหนไม่ได้อีกแล้ว ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดสำหรับเรื่องนี้ก็มีอาทิเช่น กรณีของ ADC คือในการที่จะ digitise การส่งกระจายเสียงที่มีความถี่ 2.5 gigahertz (2500 megahertz) ที่มีแบนด์วิธเท่ากับ 100 megahertz ACD จะต้องสามารถส่งตัวอย่างของข้อมูลได้ในอัตราที่เป็นสองเท่าของแบนด์วิดธ์หรือ 200 #megahertz แต่ก็ยังไม่มีใครผลิต ADC ชนิดนี้ออกมาอันทำให้ทาง MIT ต้องทำการทดลองโดยอาศัยเทคนิคที่ใช้ความถี่ในการส่งกระจายเสียงที่ต่ำกว่าที่คาดไว้ ซึ่งก็จะมีผลให้แบนด์วิธ (bandwidths) แคบลงไปด้วย งานวิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์เรดิโอเป็นเรื่องใหญ่ที่ต้องพึ่งพาการรุดหน้าของเทคโนโลยีหายแขนงก่อนที่จะประสพความสำเร็จจนใช้การได้ดี เมื่อเป็นเช่นนี้อุปสรรคและปัญหาที่จะเล่าในต่อไปจึงเป็นเหมือนช่วงหนึ่งของการพัฒนาที่ต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ ซึ่งต้องใช้เวลาระยะหนึ่งก่อนที่ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นอุปสรรคจะหมดไปแต่ก็เป็นการเรียนรู้ที่ดีในแง่ของการได้มีโอกาสเห็นเบื้องหน้าและเบื้องหลังของเรื่องนี้ ซึ่งผู้เขียนจะเล่าต่อไปทีละประเด็น

การรับส่งวิทยุแบบ AM จะใช้ความถี่ประมาณ 535 kilohertz ถึง 1605 kilohertz โดยมีแบนด์วิธประมาณ 1 megahertz ADC ที่มี janspling ราว 2 megahertz หรือมากกว่าจึงวิเคราะห์แบนด์วิดธ์ทั้งหมดได้โดยไม่มีปัญหา พัฒนาการของ ADC จะเหมือนกับคอมพิวเตอร์ชิปที่มีการรุดหน้าอยู่ตลอดเวลาทั้งในแง่ของความเร็วและพละกำลังสำหรับในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมา จนสามารถมี ADC ที่เก็บตัวอย่างได้

มากถึง 500 ล้านตัวอย่างภายในหนึ่งวินาที ปัญหาของ ADC ไม่ได้อยู่ที่เรื่องของความแต่จะอยู่ที่ความแม่นยำหรือความชัดกล่าวคือ ADC ที่ทำงานโดยอาศัยความละเอียดแค่เพียง 8 บิต ก็จะให้ภาพของแอมพิจูดของคลื่นที่ไม่ชัด อันจะเหมือนกับการมีตารางสี่เหลี่ยมเพียง 8 ตาราง ในแกนตั้งฉากของกระดาษกราฟดิจิตอล ความเห็นของนักวิจัยเช่น Vanu Bose สำหรับในเรื่องนี้ได้มีว่าจำนวนบิตแค่เพียง 8 บิต จะไม่เพียงพอสำหรับทำการประมวลผลสัญญาณให้เป็นไปอย่างละเอียดลึกซึ้งได้ตามที่ซอฟต์แวร์เรดิโอต้องการทำ อันทำให้จำเป็นต้องใช้ ADC ที่มี 12 บิต เป็นอย่างน้อย ADC แบบ 12 บิต ที่ดีที่สุดในขณะนี้จะมี sampling rate ประมาณ 40 megahertz อันจะมากพอสำหรับการเก็บตัวอย่าง AM แบนด์ รวมทั้งแบนด์ความถี่ของ FM ทั้งหมด นับตั้งแต่ 88 megahertz จนถึง 108 megahertz แต่ยังห่างไกลจากความถี่ในการส่งกระจายเสียงแบบ 2.5 gigahertz อีกมากนัก เพราะเป็นกระบวนการดิจิไตส์ (digitising process) ที่จะให้ข้อมูลออกมาวินาทีละ 480 ล้านบิต ซึ่งยังถือเป็นเรื่องยากในการถ่ายทอดข้อมูล แต่ก็ยังไม่สิ้นหนทาง เพราะนักวิจัยสามารถใช้เทคนิคที่เรียกว่า direct memory access (DMA) อันเป็นวิธีสำหรับขนถ่ายข้อมูลในพีซี (PC) มาใช้ในกรณีนี้ได้

ทีมงานของ MIT ได้แก้ปัญหาข้างต้นด้วยการปรับปรุงเทคนิคที่เรียกว่า DMA เพื่อนำมาใช้ในด้านแบบของซอฟต์แวร์ เรดิโอ เพื่อให้ข้อมูลสามารถผ่านจาก ADG ไปยังโปรเซสเซอร์ได้วินาทีละ 1,000 ล้านบิต ซึ่งถือว่าเกินพอสำหรับการดิจิไตส์การกระจายเสียงด้วยความถี่ 2.5 gigahertz แต่ก็จะมีปัญหาเมื่อเสาอากาศ (antenna) และ ADC อยู่ไกลจากโปรเซสเซอร์ เช่น ในกรณีของคอมพิวเตอร์ เน็ตเวิร์ก แบบไร้สายซึ่งจะต้องมีการส่งสัญญาณที่เครื่องรับแต่ละเครื่องรับได้ไปยังศูนย์คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล ซึ่งทาง MIT ก็ได้แก้ปัญหาในเรื่องนี้ด้วยการอาศัยเทคนิคที่เรียกว่า asynchronous transfer mode (ATM) เพื่อส่งข้อมูลนับเป็นล้านบิตต่อวินาทีโดยอาศัยออปติกัล ไฟเบอร์ (optical fiber) ในกรณีที่มีระยะทางไกล เช่น การใช้ ATM เน็ตเวิร์กในการส่งข้อมูลระหว่าง ADC และโปรเซสเซอร์ต่าง ๆ อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยีเช่น ATM ก็ยังหนีไม่พ้นปัญหาคอขวดเมื่อข้อมูลดังกล่าวผ่านเข้าไปในชิปที่ทำหน้าที่ประมวลผล เพราะปรัชญาในการออกแบบ ATM นั้นต้องการจะส่งข้อมูลคราวละมาก ๆ ไปยังผู้ใช้หลาย ๆ รายพร้อม ๆ กันภายในเน็ตเวอร์ก อันเป็นการส่งข้อมูลในรูปของแพคเกจ (packets) ที่ต้องมีการปิดเครื่องหมาย (labelled) และคัดแยก (sorted) ซึ่งจะเป็นไปอย่างรวดเร็วภายในเน็ตเวิร์กแต่การทำงานของ โอเปอเรติ้ง ซอฟต์แวร์ในชิปจะไม่เก่งในเรื่องนี้ การตรวจสอบแพคเกจจึงเสียเวลามาก การทำงานของชิปกับเน็ตเวิร์กจึงขาดความสัมพันธ์กัน เพราะมีความเร็วต่างกันถึงสามเท่า อันทำให้ต้องหาทางออกอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงการพึ่งพาชิปที่อยู่ในเวอร์กสเตชัน เช่น การใช้ชิปที่เรียกว่า digital signul processor (DSP) ที่จะแทนเวอร์กสเตชันได้เป็นอย่างดี เพราะ DSP ได้รับการออกแบบในรูปของ hard-wired เพื่อประมวลผลข้อมูลดิบ (row data) ที่เกิดจาก ADC และขณะนี้ก็ได้มีการนำ DSP มาใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ DSP แบบล่าสุดจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าชิปแบบเอนกประสงค์ เช่น Pentium สำหรับในกรณีของการประมวลผลแบบทันการณ์ (real-time) สำหรับในระยะยาวชิพแบบเอนกประสงค์มีโอกาสที่จะวิ่งทัน DSP ถ้าจะยึดหลักที่ว่าความเร็วและเมมโมรีของรูปแบบนี้จะเพิ่มเป็นสองเท่าในทุก 18 เดือน (Moore's Law) ข้อดีของชิปแบบเอนกประสงค์ก็คือความเร็วและความยืดหยุ่นคล่องตัวในการใช้งานที่มีอานุภาพเหนือ DSP แต่ก็ต้องรออีกปีหรือสองปีจึงจะได้ใช้ชิปแบบนี้

รูปที่ 8 ซอฟต์แวร์ เรดิโอ ในอนาคตน่าจะแพร่หลายไปทุกแห่งหนช่วยประโยชน์อันเอนกประสงค์ตามที่ทีมค้นคว้าวิจัยที่ MIT ได้ตั้งความหวังไว้

ปัญหาต่อไปในเรื่องของซอฟต์แวร์ เรดิโอ ที่ถือว่าอุกฤตสำคัญก็คือการหาแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดกะทัดรัดและพกพาได้เพื่อสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไวด์แบนด์ ADC และชิปที่มีความเร็วสูง ซึ่งต้องใช้กระแสไฟฟ้ามากที่ทำให้ต้องใช้แบตเตอรีที่มีขนาดใหญ่สำหรับในขณะนี้ แม้ว่าการวิจัยในเรื่องของแบตเตอรีที่มีอานุภาพสูงที่มีขนาดเล็กจะได้ดำเนินควบคู่กันไปก็ตาม แต่ก็คงต้องรอไปจนถึงปี 2000 กว่าจะนำมาใช้กับซอฟต์แวร์

เรดิโอ แบบเคลื่อนที่เมื่อเป็นเช่นนี้แอพพลิเคชันที่เป็นลำดับแรกของซอฟต์แวร์ เรดิโอจึงเป็นแบบ fized sites ที่อยู่ใกล้แหล่งไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม สำหรับในระยะยาวนั้นประโยชน์อันมหาศาลของซอฟต์แวร์เรดิโอจะเป็นของกิจกรรมด้านทหาร โดยเฉพาะในกรณีของสหรัฐฯ (US military) ที่มีการใช้วิทยุมากกว่า 100 แบบ เช่น พลเดินเท้า (infanstry troops) ซึ่งต้องการวิทยุที่มีความถี่ต่ำสำหรับการสื่อสารในระยะสั้น ที่สัญญาณวิทยุสามารถทะลุผ่านกำแพง แมกไม้และลัดเลาะไปตามหุบเขา ส่วนกองทัพอากาศอาจต้องการการส่งข้อมูลที่เร็วและในระยะไกลซึ่งทำให้ต้องการคลื่นที่มีความถี่สูง ใช้เสาอากาศที่ต่างออกไปจากพลเดินเท้า รวมทั้งใช้การใช้ฟอร์แมตของสัญญาณที่ไม่เหมือนกับคลื่นวิทยุที่มีความถี่ต่ำ ฯลฯ ความสนใจของกระทรวงกลาโหมของสหรัฐฯ ในเรื่องนี้ได้ทำให้มีโครงการที่เรียกว่า Speakeasy ขึ้นมาเพื่อสร้างซอฟต์แวร์เรดิโอ ที่สามารถพูดคุยกันเองได้ โดยจะทำให้หน่วยทหารต่าง ๆ ที่ใช้ฟอร์แมตทางวิทยุที่ต่างกันสามารถสื่อสารกันโดยใช้แชนเนิลปลอดจากการสอดแนมของศัตรู วิทยุแบบต่าง ๆ ดังกล่าวจะทำการติดต่อสื่อความระหว่างกันเพื่อทำการตกลงในการเลือกใช้ encrgption format ที่ปลอดภัยที่สุดและไปใช้ประโยชน์ในทางการค้าบ้างแล้ว ดังเช่นกรณีของ AirNet Communications

AirNet

AirNet เป็นธุรกิจเอกชนที่ให้บริการด้านสื่อสารโทรคมนาคม โดยมีฐานธุรกิจอยู่ที่รัฐฟลอริดาในสหรัฐฯ ที่ให้บริการในการขาย cellphone บนฐานซอฟต์แวร์ (พฤษภาคม 1997) สำหรับ base station ด้วยการออกแบบให้ base station สามารถเข้าใจภาษาทรานมิชชั่นที่เรียกว่า GSM โดยอาศัยซอฟต์แวร์เรดิโอเทคโนโลยี ซึ่งจะทำให้สามารถปรับแต่งให้ station ดังกล่าวเข้าใจภาษาอื่น ๆ เกือบทุกภาษาที่จะมีในอนาคตรวมทั้งการสามารถวิ่งฟอร์แมตสองอันที่ต่างกันจากอุปกรณ์ตัวเดียวด้วยการเพิ่มซอฟต์แวร์เข้าไป สำหรับที่ MIT นั้นก็ได้มีต้นแบบช่องวิทยุที่สามารถมอนิเตอร์และ demodulate AM และ FM แบนด์ แล้วในขณะนี้รวมทั้งการทดลองเพื่อให้ซอฟต์แวร์สามารถเข้าใจภาษาทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ต่อไปก็จะมีซอฟต์แวร์ที่สามารถเข้าใจสัญญาณที่ส่งมาจาก gloload position system (GPS) โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้ GPS จะสามารถสู้ตำแหน่งของตนเองว่าอยู่ที่ไหนในโลก โดยจะสามารถต่อโยงเข้ากับกราฟิกของท้องที่นั้น รวมทั้งการสามารถหาข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ของท้องที่ที่ได้พลัดเข้าไปอยู่ นอกจากนี้ก็ได้มีการค้นคว้าที่จะทำให้ซอฟต์แวร์สามารถสร้างสัญญาณ (encodes signals) สำหรับสภาพแวดล้อมในการส่งกระจายเสียงแบบต่าง ๆ เช่น เมื่อสัญญาณถูกรบกวนจากคลื่นที่ไม่ทราบที่มาหรือเมื่อเกิดฝนฟ้าคะนอง รวมถึงการอยู่ในหุบเขา โทรศัพท์สำหรับอนาคตก็จะเปลี่ยนไปใช้ภาษาอิเล็กทรอนิกส์ที่มีระบบ error correction ที่สามารถแก้ไขการรบกวนได้ดีกว่า โดยอัตโนมัติโดยผู้ใช้ไม่ต้องทำอะไรแต่ก่อนที่จะไปถึงขั้นนั้นก็จะต้องแก้ปัญหาต่าง ๆ ในด้าน systems และซอฟต์แวร์ให้มากเสียก่อน เพื่อให้ก้าวไปถึงยุคที่คอมพิวเตอร์ในมือถือสามารถล่วงรู้สภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ไปตกอยู่ ณ ที่นั้น รวมทั้งการสามารถที่จะสวิตช์ไปใช้ระบบ error correction ที่เหมาะกับการอากาศ ซึ่งทาง MIT ก็ได้สร้างต้นแบบและทดลองซอฟต์แวร์ อัลกอริทึมชนิดต่าง ๆ อยู่ในขณะนี้ อย่างไรก็ตามเส้นทางของเทคโนโลยีสำหรับเรื่องนี้ยังมีระยะทางอีกยาวไกลที่รอให้มีการค้นคว้าบุกเบิกอีกมาก

แอพพลิเคชันที่น่าจะมีความสำคัญอย่างมากอันหนึ่งสำหรับซอฟต์แวร์ เรดิโอก็คือ ซุปเปอร์ดีไวซ์ (superdevices) ที่สามารถรับสัญญาณที่เกิดจากเครื่องวัดได้ทุกชนิดด้วยการเปลี่ยนทรานส์ดิวเซอร์ (transducer) ที่ใช้ในการอ่านสัญญาณให้เหมาะกับงาน เช่น กรณีของรถพยาบาลที่มีอุปกรณ์ตรวจวัดแบบเอนกประสงค์เพียงเครื่องแต่ทำงานได้ทุกอย่างในการวัดการเต้นของหัวใจ วัดคลื่นสมอง จนถึงการวัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ป่วย อันจะช่วยให้เกิดการประหยัดอย่างมาก เพราะไม่ต้องซื้ออุปกรณ์เครื่องวัดชนิดต่าง ๆ รวมทั้งการประหยัดเนื้อที่บรรทุกอุปกรณ์ภายในรถด้วย ในทางปฏิบัตินั้นศาสตราจารย์และผู้ร่วมทำการวิจัยได้หวังว่าซอฟต์แวร์เรดิโอสำหรับ fixed stations จะเป็นไปได้ในอีก 5 ปี ข้างหน้า จนกระทั่งถึงจุดที่สามารถแก้ปัญหาในเรื่องของแบตเตอรีได้ด้วยการมีแบตเตอรีขนาดบางเบาที่ให้พลังงานไฟฟ้าได้สูงมาก ๆ เราก็จะมีโอกาสเห็นซอฟต์แวร์เรดิโอ ในทุกแห่งหน จนถึงขั้นสุดท้ายอุปกรณ์ที่เป็นซอฟต์แวร์เรดิโอเพียงชิ้นเดียวก็จะทำหน้าที่แทนอุปกรณ์เกือบจะทุกอย่างที่เกี่ยวแก่การสื่อสารและตรวจวัด ที่สำคัญก็คือทำหน้าที่ได้ดีกว่าอุปกรณ์หลาย ๆ ชนิดในปัจจุบันรวมกันและอาจทำได้ในราคาที่ถูกกว่า

สรุป

ผู้ออกแบบซอฟต์แวร์ เรดิโอ เช่น กรณีของ MIT ได้ตั้งปณิธานในอันที่จะแก้ปัญหาในเรื่องของโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่สองอย่าง เรื่องแรกก็คือเรื่องของความแตกต่างของ transmission langnages ที่ต้องแก้ให้มากและเรื่องที่สองก็คือการทำให้ซอฟต์แวร์เรดิโอ เป็นอุปกรณ์เอนกประสงค์ในรูปของ one-set-fits-all เพื่อเป็นการช่วยเพื่อนมนุษย์ในแง่ต่าง ๆ โดยเฉพาะเพื่อให้การสนับสนุนทางการแพทย์ รวมทั้งการท่องไปในโลกกว้างในรูปของมิตรคู่กายที่ไม่ถูกตัดขาดในด้านของการติดต่อสื่อสารในกรณีที่พลัดถิ่น